

Collection

Documents **S**ystèmes **A**graires

N° 6

**AMÉNAGEMENTS HYDRO-AGRIcoles
ET SYSTÈMES DE PRODUCTION**

Actes du III^{ème} Séminaire
Montpellier 16 - 19 décembre 1986

TOME II



Département Systèmes Agraires du CIRAD

Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

Collection Documents Systèmes Agraires

Cette collection a pour but de publier les études et travaux des chercheurs du Département des Systèmes Agraires du CIRAD ainsi que ceux effectués sous leur direction ou en collaboration avec le département.

Ces études et travaux peuvent être :

- des compte-rendus de travaux de recherche entrepris sur les différents terrains où intervient le DSA,*
- des documents, rapports de mission, notes de synthèse, faisant le point sur des opérations de recherche sur les systèmes agraires ou de recherche-développement,*
- des mémoires et travaux de fin d'études apportant une contribution originale à la connaissance des systèmes agraires,*
- enfin des documents méthodologiques ou bibliographiques*

Tous ces documents sont publiés sous la responsabilité de leurs auteurs.

Cette collection se veut avant tout un instrument de diffusion des travaux de base du DSA.

Elle vient compléter "les Cahiers de la Recherche-Développement", périodique ouvert à tous, en vue de faire connaître les expériences et les méthodes relatives aux recherches sur les systèmes agraires et aux opérations de recherche-développement.

Cette même collection est également complémentaire de la "Gazette des systèmes", bulletin de liaison du DSA, qui fournit des informations sur les activités du Département et diffuse une sélection de textes relatifs à la démarche systémique.

Collection

Documents Systèmes Agraires

N° 6

AMÉNAGEMENTS HYDRO-AGRIcoles ET SYSTÈMES DE PRODUCTION

Actes du III^{ème} Séminaire
Montpellier 16 - 19 décembre 1986

TOME II



Département Systèmes Agraires du CIRAD

Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

Avenue du Val de Montferrand - B.P. 5035
34032 MONTPELLIER CÉDEX

Tél. 67.63.91.70
Télex DSA 490 294 F

R. BERTRAND	Mises en valeur hydro-agricoles dans la moyenne vallée du Niger. Etude - Critiques - Propositions d'amélioration.	Mali	p. 401
F. GADELLE	Les aménagements de submersion contrôlée au Sahel.	Mali	p. 411
J.C. DEVEZE	Le projet maraîcher de Marabadiassa (Côte d'Ivoire) : les limites d'une politique d'aménagement volontariste.	Côte d'Ivoire	p. 421
R. RANDRIANA RISOA J.L. LANDRU	Relations entre systèmes de production et aménagements hydro-agricoles : les grands aménagements hydro-agricoles.	Madagascar Sénégal/Mali/	p. 431
C. ARDITI	Quelques réflexions socio-économiques sur la riziculture irriguée dans le Nord-Cameroun (SEMR Y I et SEMR Y II).	D-Cameroun	p. 435
M. BOURRAT	Les modèles d'équipement et de développement des aménagements hydro-agricoles et les changements de comportements des agriculteurs.		p. 445
D. RANDRIANAIVO F. RASOLO	Perception et participation paysannes au choix des alternatives techniques de la réhabilitation du périmètre PC 23. Lac Alaotra.	Madagascar	p. 451
Ch. BLANC-PAMARD	Autour du riz : le difficile face à face des paysans et de la SOMALAC dans la cuvette du lac Alaotra (Hautes terres centrales de Madagascar).	Madagascar	p. 461
J.J. PERENNES	La crise des modèles de mise en valeur sur les périmètres irrigables en Algérie : rationalité étatique et rationalités paysannes.	Algérie	p. 481
M. RAUNET	Environnements physiques et aménagements des terroirs rizicoles sur les hautes terres de Madagascar.	Madagascar	p. 489
J.M. HARMAND	Les plantations forestières irriguées dans la vallée du fleuve Sénégal. Expérience de Podor.	Sénégal	p. 505
Annexes Atelier III			
Th. RUF	Note sur la thèse de P.A. MOTHES, 1986. "Pimampiro's canal : adaptation and infrastructure in northern Ecuador".	Equateur	p. 511
H. RIBADENEIRA	L'Etat et l'irrigation en Equateur, histoire, problèmes actuels et exemple du système Laracunga - Salcedo - Ambato.	Equateur	p. 519

IV. Les aménagements hydro-agricoles dans la vallée du fleuve Sénégal - Atelier IV

S.M. SECK A. LERICOLLAIS	Synthèse des travaux		p. 527
-----------------------------	----------------------	--	--------

Environnements physiques et aménagement des terroirs rizicoles sur les Hautes Terres de Madagascar

M. RAUNET

IRAT

RESUME

Madagascar est un pays typiquement rizicole. Les Hautes Terres centrales, principale région de production (9 000 km² de rizières aquatiques repiquées) possèdent une personnalité marquée dans ce domaine de la riziculture.

Cette spécificité n'est pas exempte de diversité : vallées, grandes plaines et versants façonnés en terrasses, sont les trois grands types de paysages rizicoles, aménagés différemment suivant les régimes hydrologiques à maîtriser, les traditions socio-culturelles et les moyens techniques mis en œuvre. Les types d'aménagements et les paysages qui en résultent sont donc le résultat de la combinaison de 3 composantes : milieu physique, milieu humain, injection plus ou moins importante de moyens techniques et d'autorités "extérieurs".

Pour illustrer cette problématique, 2 pôles extrêmes de mise en valeur sont envisagés et comparés : la riziculture traditionnelle de vallée et la riziculture de plaine colonisée récemment, récupérée par drainage et gérée par une "société d'aménagement".

Sont examinées les modalités d'aménagement (drainage, irrigation, récupération des sols tourbeux, planages, ...) et les problèmes qui en découlent, suivant les caractéristiques hydro-morpho-pédologique particulières des milieux concernés, et leurs tailles.

I. INTRODUCTION

Nous voudrions montrer brièvement comment, concernant les terroirs à riz aquatique des hauts plateaux malgaches, les caractères du milieu physique peuvent (ou doivent) orienter les modalités d'aménagement de ces terroirs. A titre d'exemple, nous choisirons deux types de milieux totalement différents, en dimensions et en modes de mise en valeur : la vaste plaine du lac Alaotra d'une part et le réseau de petites vallées, si caractéristique des Hautes Terres, d'autre part.

Ce thème sera développé selon une optique double, comparative et méthodologique :

- D'un point de vue comparatif, il nous a semblé intéressant d'examiner les pôles opposés de mise en valeur :

- à un pôle, l'exploitation de vastes espaces par l'intermédiaire d'une Société d'Aménagement demandant la création et la gestion d'un réseau "irrigation/drainage" lourd ainsi qu'un encadrement "semi-dirigé" des paysans migrants, allocataires d'un parcellaire prédéterminé.

- à l'autre pôle, nous trouverons la mise en valeur traditionnelle des bas-fonds et petites vallées, exclusivement par des moyens communautaires propres, et résultant donc d'un équilibre naturel ancestral milieu physique - milieu humain. Les aménagements restent alors modestes et adaptés à l'échelle villageoise.

- D'un point de vue méthodologique, nous insisterons sur la nécessité d'une bonne analyse du milieu physique, d'une part avant d'entreprendre de vastes aménagements rizicoles afin d'éviter l'approche technocratique nuisible et coûteuse, d'autre part pour compren-

dre la logique des techniques traditionnelles et éventuellement être capable de les améliorer. Une telle analyse consiste en :

- l'identification des unités de milieu.
- la compréhension de leurs processus hydrologiques en relation avec la répartition des sols et des types de reliefs.
- la définition des contraintes pertinentes à éviter ou à corriger et des avantages spécifiques à exploiter.
- la localisation spatiale c'est-à-dire la cartographie des ensembles "hydro-morpho-pédologiques" homogènes à l'échelle adéquate.

Naturellement, nous n'aborderons ici que ce qui ressort du milieu physique, sans parler du contexte humain et de ses exigences, très variable d'une région à une autre, et qui a, bien entendu, une part au moins aussi grande dans les choix d'aménagements, qu'ils soient orientés de l'extérieur ou bien issus d'une dynamique et d'une logique internes.

II. BREVE PRESENTATION DES HAUTES TERRES MALGACHES

Située dans l'Océan Indien, l'île de Madagascar a une superficie de 592 000 km². Sa population est en majeure partie d'origine asiatique (indo-malaise), ce qui explique que son économie vivrière soit basée sur la **riziculture aquatique repiquée**, dont la superficie représente environ 13 000 km².

Les Hautes Terres centrales, dont l'altitude varie de 900 à 1 700 mètres, ont une superficie de 120 000 km².

La pluviométrie moyenne annuelle est de 1 200/1 500 mm. Pendant l'année, une saison chaude et pluvieuse alterne avec une longue saison sèche et fraîche (altitudes élevées et relativement basses latitudes). Pour cette raison il ne se pratique **qu'une seule campagne rizicole**, en saison des pluies. D'autre part, depuis maintenant une dizaine d'années, le gouvernement tente de promouvoir la culture du **blé de contre-saison** en rizière (après la récolte du riz), grâce à l'utilisation de la remontée capillaire à partir de la nappe phréatique peu profonde.

Du point de vue géologique, les Hautes Terres sont constituées essentiellement de **roches granito-gneissiques** du socle Précambrien. Le substratum sain est matelassé par 20 à 40 mètres de "roches pourries", coiffées par des **sols rouges ferrallitiques acides**, sans indurations ferrugineuses (carapaces ou cuirasses), contrairement à ce qu'on trouve souvent en Afrique.

Une "**nappe phréatique d'altérite**" permanente imprègne la base de ce manteau d'altération, et a une grande importance sur les régimes hydrologiques des plaines et vallées.

III. LES PAYSAGES RIZICOLES DES HAUTES TERRES

Sur les hauts plateaux, les terroirs rizicoles représentent environ 9 000 km². En terme de "paysages", ils sont répartis schématiquement en trois grands ensembles :

- les **rizières de vallées** (environ 6 000 km²)

Ce type de paysage est le plus typique et le plus important, il consiste en un réseau remarquablement dense de vallées et vallons encaissés à fonds plats, servant de niveaux de base aux eaux phréatiques (alimentés par les pluies) imbibant le manteau d'altération des plateaux et collines qui les dominent. Ces systèmes de vallées sont entièrement gérés et rizicultivés en "riz inondé" (grâce à des aménagements minima) par le paysannat traditionnel. La maîtrise de l'eau est généralement très imparfaite : le ruissellement direct, la nappe phréatique et les petits canaux d'amenée qui alimentent les rizières, sont toujours, plus ou moins directement et à retardement, sous la dépendance des pluies (l'IRRI classe ces terres en "rainfed lowland rice").

- les **rizières de plaines** (environ 2 000 km²)

Telles la plaine du lac Alaotra, les plaines de Tananarive et de multiples autres de tailles plus modestes - mais généralement supérieures à 1 000 hectares - ces terroirs rizicoles, également caractéristiques des Hautes Terres, requièrent d'importants ouvrages de drainage et d'irrigation, hors de portée financière, technique et souvent d'entretien, des communautés villageoises seules. Quand les aménagements ne sont pas trop anciens, qu'ils ont été correctement conçus, qu'ils sont entretenus et bien utilisés, le contrôle de l'eau dans les rizières peut être effectivement assuré, ce qui permet alors de parler de "riz irrigué" ("irrigated rice" de l'IRRI). En réalité, la plupart du temps, une proportion importante de la superficie est encore en "rainfed lowland rice". Comme dans les vallées, les sols à riz sont ici toujours des sols hydromorphes minéraux ou organiques souvent carrément tourbeux (interaction "engorgement plus ou moins permanent x froid de saison sèche").

- les **rizières en terrasses** (environ 1 000 km²)

Paysages rizicoles les plus spectaculaires, ils ont été "construits" par nécessité (davantage que par préférence ethnique) dans les régions (moitié sud des Hautes Terres) où la densité plus faible qu'ailleurs de plaines et vallées a obligé les paysans à "remonter" sur les versants. Les altérations ferrallitiques ont alors été soi-

gneusement modelées en gradins suivant les courbes de niveau, plus ou moins étroites en fonction de la pente des versants. Les terrasses sont alimentées en eau par des canaux qui sinuent en positions dominantes et ceci parfois pendant des kilomètres, à partir de vallons à sourcins perchés et captés. Ces rizières en terrasses reçoivent également les eaux de pluie et les ruissellements issus des parties supérieures non aménagées des versants. Elles sont donc, plus qu'ailleurs, bien que toujours repiquées, soumises aux aléas pluviométriques. Le contrôle de la lame d'eau y est toujours difficile ("à sec" fréquents), d'autant plus qu'il n'y a pas ici d'assistance possible par une nappe phréatique peu profonde. Il s'agit d'un riz mixte : pluvial-inondé. (il semble que l'IRRI, paradoxalement, parle encore ici de "rainfed lowland rice", ce qui n'est pas très satisfaisant. Signalons que le terme de "upland rice" est réservé aux terroirs, ni planés ni entourés de diguettes). Les sols d'origine sont ferrallitiques, et les problèmes de pH et de toxicité aluminique peuvent alors apparaître.

Les problèmes d'aménagement, que ce soit pour la récupération des sols tourbeux ou l'amélioration du contrôle de l'eau des rizières (irrigation-drainage), se posent essentiellement pour les terroirs des deux premiers types. Nous allons donc en considérer plus en détail des exemples représentatifs : la plaine du lac Alaotra d'une part et les petites vallées de la région de Tananarive d'autre part. Nous verrons que ces problèmes se posent et se résolvent différemment dans les deux cas.

IV. MISE EN VALEUR ET AMENAGEMENT DES GRANDES PLAINES : LE CAS DE LA PLAINE OU LAC ALAOTRA

1. Le contexte physique général

La région du lac Alaotra est située sur la bordure nord-orientale des Hautes Terres centrales. La plaine proprement dite située à 750 mètres d'altitude occupe une vaste cuvette d'une superficie totale de 180 000 hectares. Celle-ci est dominée et entourée par de hautes collines couvertes par un épais manteau d'altération ferrallitisée, affectant des roches à prédominance granito-gneissique. La formation de cette cuvette n'est que très partiellement d'origine tectonique, mais essentiellement la conséquence d'une érosion régressive "normale" prenant naissance à partir de son exutoire situé dans sa partie nord-est. Les "formations superficielles" de la plaine sont constituées de "matériaux de fluage" et d'alluvions lacustro-fluvio-deltaïques stratifiées. Ces remplissages ont pour origine le déblaiement et la "fonte" régressive, suivis par leur étalement et leur redistribution - localement tris granulométriques et stratifications - en aval, des épaisses altérations ferrallitisées des collines périphériques. Ces processus de "fonte régressive" ont été conditionnés par la déstabilisation de l'épaisse couverture d'altérites sous l'effet de son imprégnation par une nappe phréatique à mouve-

ments latéraux et à rabattements activés en aval par le creusement progressif du seuil de l'exutoire. Nous n'insisterons pas davantage sur ces processus hydro-géomorphologiques, mais signalons qu'ils sont d'une importance capitale pour expliquer la genèse de ces plaines évidemment si fréquentes à Madagascar. La plaine du lac Alaotra est spécialement intéressante, car elle est suffisamment vaste pour que s'y soient déployées toutes les modalités possibles de ces processus (avec leurs conséquences sur les sols, les eaux et les types d'aménagements souhaitables) que l'on peut voir séparément et parfois de façon moins nette dans toutes les autres plaines des hauts plateaux granito-gneissiques.

La cuvette de l'Alaotra est occupée, en position décentrée vers le N.E., par un lac résiduel peu profond (2-4 mètres) de 25 000 hectares. Ce lac est entouré par un vaste marécage (95 000 hectares) à Papyrus, dont les débris donnent naissance à une épaisse "tourbe flottante" (sur 1 à 2 mètres d'eau). Autour de cette eau libre (lac proprement dit et tourbe flottante) s'étend, plus ou moins concentriquement, une série d'unités de milieu, (fig. 1) inondables (à l'état naturel initial) ou engorgées, caractérisées par différents types de sols hydromorphes (des sols tourbeux au sols hydromorphes "minéraux") affectés de dynamiques hydrologiques spécifiques. La quasi totalité de ces terres entourant les marais résiduels centraux, soit environ 60 000 hectares, est actuellement récupérée et utilisée pour la riziculture.

Sur ces 60 000 hectares, environ 40 000 (ouest et sud) sont aménagés en vue d'une irrigation et d'un drainage permettant un contrôle correct de l'eau (riz irrigué). En fait, nous verrons que, pour diverses raisons, ceci est loin d'être le cas.

Les 20 000 hectares restants (nord et est) n'ont pas fait l'objet de grands travaux d'aménagement, ils sont cultivés en conditions traditionnelles sans contrôle correct et permanent de l'eau ("rainfed lowland rice").

Ainsi, dans la plaine, suivant les types de milieu considérés, l'importance, la qualité et l'entretien des travaux d'aménagement, les pratiques rizicoles (calendriers, cycles, variétés...) demandent à être adaptées. Toutes les situations peuvent exister :

- riz irrigué à repiquage précoce (pour les variétés photosensibles) ou plus tardif (riz non photosensible ou à cycle court),
- riz flottant et riz dressé,
- riz à alternance inondation/exondation,
- riz de nappe,
- riz pluvial.

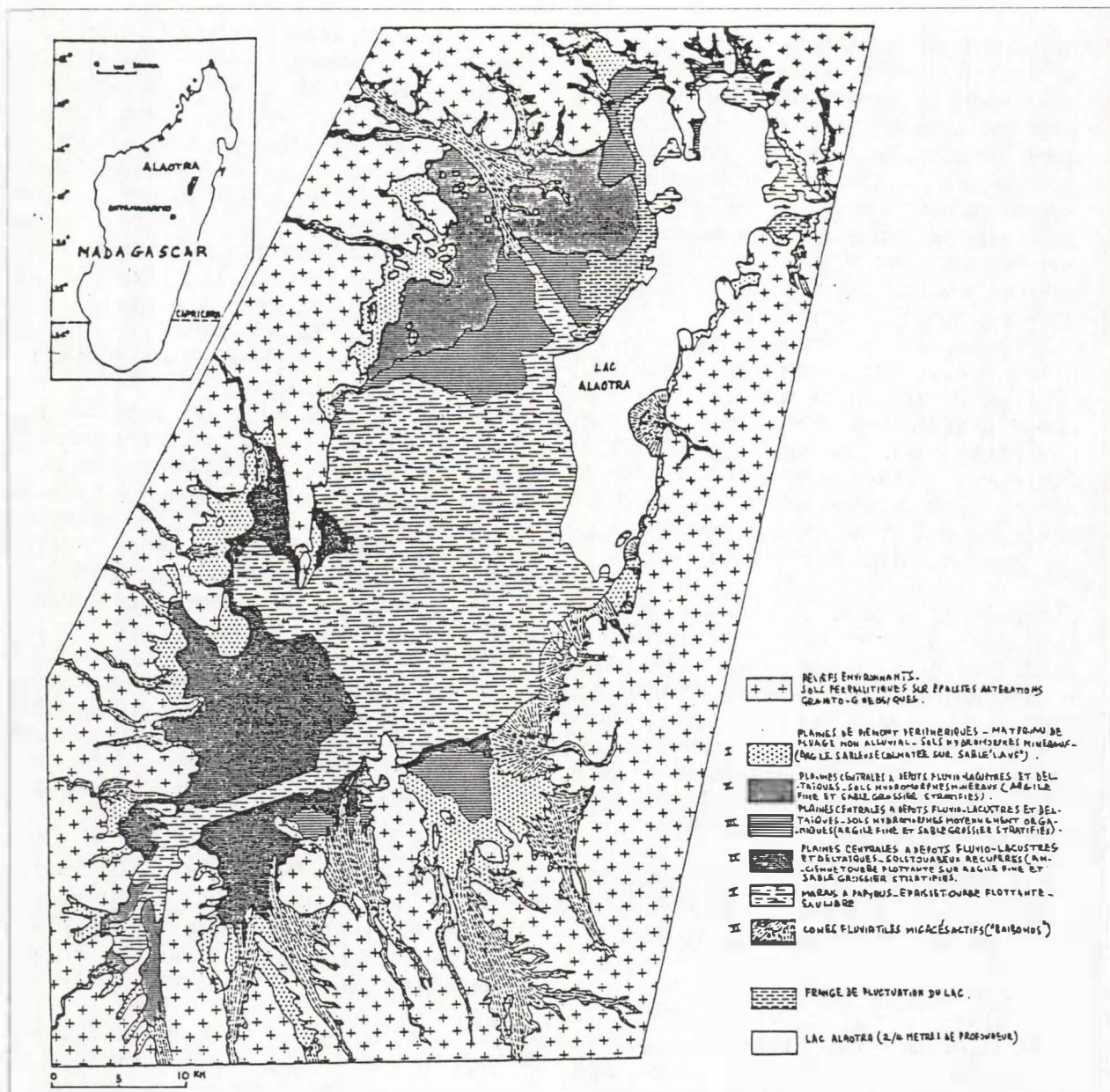


Figure 1 - Plaine du lac Alaotra (Madagascar)
Zonation morpho-pédologique

Tous les intermédiaires entre les trois dernières catégories peuvent exister.

L'idéal est le riz irrigué en variétés productives, mais il n'est pas techniquement ou économiquement envisageable partout. Il convient donc de trouver les meilleurs compromis entre d'une part, aménagements efficaces (privilégiant les "meilleures" variétés irriguées) et, d'autre part recherches de variétés convenant aux milieux hydro-pédologiques considérés et pour lesquels il n'est pas indiqué d'investir dans de lourds aménagements s'ils s'avèrent en définitive peu adaptés.

2. Répartition des ensembles "hydro-morpho-pédologiques"

Ne s'agissant pas d'un exposé monographique et technique régional mais d'un cas servant d'exemple représentatif, nous allons schématiser à l'extrême en éliminant les nuances.

De la périphérie amont à la partie centrale aval, (fig. 1 et 2) se dessine une succession sub-concentrique réglée par un enchainement génétique logique de processus sédimentologiques, hydrologiques et hydromorphologiques :

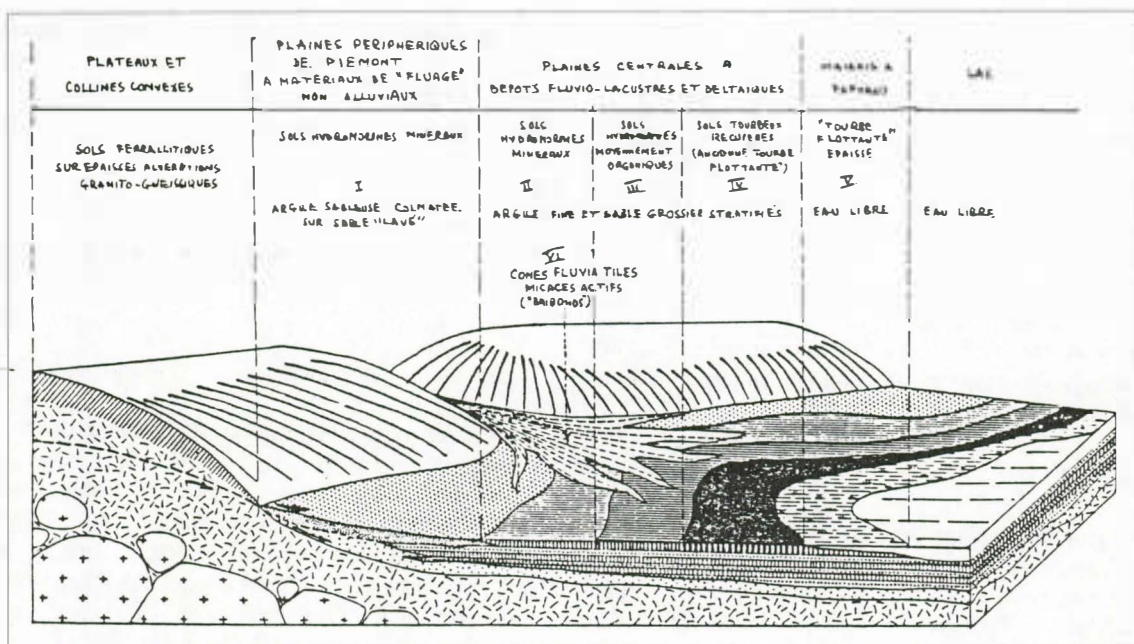


Figure 2 - Plaine du lac Alaotra (Madagascar)
Bloc diagramme hydro-morpho-pédologique schématique

• L'unité I

Elle caractérise les situations excentriques des plaines de Piémont (7 500 ha soit 4 à 5 % de l'ensemble de la cuvette et 10 à 15 % des terres rizicultivées). Les matériaux constitutifs proviennent ici du "fluage" des altérites des collines périphériques, de la "fonte" et de l'étalement régressif de ces dernières jusqu'au niveau de base des eaux phréatiques et superficielles, correspondant au plancher de la vaste cuvette. Ces matériaux sont argilo-sableux et colmatés dans leur partie supérieure, sableux et "lavés" (par les circulations phréatiques latérales) en-dessous. Ce sont des sols hydromorphes minéraux (c'est-à-dire à moins de 6 % de matière organique). Leur "fertilité" naturelle est faible : pH acide (4,5 à 5), capacité d'échange très limitée, structure massive, faible porosité, faible capacité de rétention en eau (3 %).

• L'unité II

Il s'agit maintenant de vrais alluvions fluvio-lacustres, montrant une alternance de strates de sable pur et d'argile fine, jamais un mélange argilo-sableux comme dans le cas des matériaux de fluage non triés de l'unité I.

Ces alluvions résultent de la décharge et du tri en milieu lacustro-deltaïque, de sédiments en provenance des bassins périphériques.

L'unité II représente à peu près 10 % de la plaine, soit 25 % de l'ensemble des rizières. Il s'agit encore de sols hydromorphes minéraux en majeure partie très argileux, mais pouvant montrer à faible profon-

deur des strates sableuses (gênantes pour la riziculture). Ces sols ont une fertilité globale nettement supérieure à celle de l'unité I : pH 5 à 6, bonne structure (mais porosité faible), capacité d'échange correcte, capacité de rétention en eau également bonne (12 %).

• L'unité III

Prolongement aval naturel des mêmes matériaux alluviaux, cette unité se distingue de la précédente par la présence de sols hydromorphes moyennement organiques, avec 6 à 15 % de matière organique non tourbeuse, de type "anmoor" c'est-à-dire constituée d'un mélange intime d'argile et d'humus. Leur fertilité pour le riz est de ce fait, légèrement valorisée par une meilleure capacité d'échange en surface. Par contre elle est souvent dépréciée par la présence, plus fréquente que dans l'unité II, de niveaux sableux près de la surface, plus ou moins épais. En effet, en règle générale, les nappes de sable deltaïque sont d'autant plus fréquentes, dans la partie supérieure des alluvions, que celles-ci sont en position plus aval.

L'unité III intéresse 7 % de la superficie de la plaine, soit 17 % des rizières.

• L'unité IV

Elle concerne le prolongement aval des dépôts deltaïques des unités II et III, ces derniers étant ici recouverts d'un niveau tourbeux résiduel, résultant de la récupération pour la riziculture, d'anciennes "tourbes flot-

tantes", après drainage et brûlage partiel (voir ci-dessous). L'horizon tourbeux supérieur (plus de 15 % de matière organique) possède maintenant 20 à 50 cm d'épaisseur. Il est plus ou moins épais, tassé consolidé et remanié (vers de terres, travail du sol) suivant l'ancienneté de sa récupération, donc sa proximité du marais central actuel à Papyrus (Unité V). La zone tourbeuse récupérée est vaste, elle représente 15 % de l'ensemble de la plaine et 35 % du terroir rizicole. Des problèmes spécifiques, agronomiques et d'aménagement s'y posent (voir ci-dessous), d'autant plus que les alluvions deltaïques sous-jacents sont souvent riches en niveaux sableux.

• L'unité V

Cet ensemble est constitué par le "marécage à cyperacées", vaste étendue (50 % de la cuvette) d'eau libre de 1 à 3 mètres de profondeur, colonisée par une végétation dense de Papyrus ; il s'agit du prolongement naturel du "lac" proprement dit (14 % de la surface totale), lui-même un peu plus profond (mais moins de 4 mètres).

L'accumulation de débris organiques non humifiés y a formé une épaisse et grossière "tourbe flottante" où les Papyrus trouvent leur propre support.

• L'unité VI

Cette unité de milieu ne s'intègre pas à la zonalité sub-concentrique décrite précédemment, mais au contraire recoupe transversalement et indifféremment (sans lien génétique) les unités de cette dernière.

Ce sont des cônes d'épandages fluviaux mica-cés à dynamique hydro-sédimentologique active (appelés "baibohos" à Madagascar). Ils représentent les exutoires aval des bassins versants actuellement très fortement disséqués par une érosion en ravins profonds spectaculaires, ("lavaka") évacuant une grande quantité de "roche pourrie" (donc riche en mica), constituant le cœur des reliefs dominants.

Les sols alluviaux ("hydromorphes minéraux") qui en résultent, d'une teinte rosâtre, ont une granulométrie limono-micacée dominante. Leur "fertilité" est généralement bonne (la meilleure dans la région), du point de vue physico-chimique et hydrique. C'est parmi eux, en particulier, que l'on trouve les meilleurs "sols à blé de contre-saison", du fait de leur faculté à remonter par capillarité l'eau de la nappe phréatique.

Malgré tout, ces matériaux ne sont pas homogènes et s'ordonnent granulométriquement suivant une nette loi de répartition : sableux en amont, ils deviennent progressivement à dominance limoneuse, puis argileuse en aval. Partout (avec des probabilités différentes), des

couches sableuses peu profondes peuvent exister et sont difficiles à prévoir et à localiser (dynamique fluviale "balayante", plus ou moins aléatoire). C'est le principal inconvénient de ces sols, excellents par ailleurs.

3. Mise en valeur et caractéristiques du milieu : adéquation (ou pas) - quelques difficultés rencontrées et problématiques agronomiques

1. Conditions de réalisation des aménagements

Toutes les unités de milieu brièvement décrites ci-dessus présentent en plus de leurs spécificités pédologiques et liés à elles, des régimes hydrologiques propres. Chacune présente donc, dans l'optique de la riziculture (et du blé de contre-saison) un certain nombre de contraintes particulières auxquelles il faut s'adapter ou qu'il faut corriger, mais aussi des aspects positifs dont il s'agit de tirer profit. En toute logique, les aménagements devraient donc être spécifiquement conçus. Dans la réalité, cela n'a pas été le cas, pour diverses raisons, mais dont la principale a été l'absence de diagnostic préalable suffisamment global, mais précis, de l'état des lieux. Une attention particulière devrait être également accordée à la prévision des conséquences des aménagements locaux sur l'évolution qui en suivra sur l'ensemble du périmètre. Des effets indésirables et non réversibles à la suite de travaux de "mise en valeur" inadéquats en certains endroits peuvent avoir des conséquences néfastes ailleurs, sur des zones déjà aménagées. Il est vrai qu'il est plus facile de constater ces choses a posteriori que de les prévoir a priori. Au moins pourrait-on en tirer des conséquences pour l'avenir.

Afin de récupérer les terres vierges et de contrôler l'eau dans les rizières, la mise en valeur systématique de la plaine avec gros aménagements commençait en 1960, et se poursuivit, après diverses péripéties, à l'heure actuelle, dans les régions occidentales et méridionales, sur environ 30 000 ha sous l'autorité de la SOMALAC (Société Malgache d'Aménagement du Lac Alaotra). Les 30 000 hectares restants, en cultures traditionnelles, dites "hors périmètres", sont moins aménagés.

Les aménagements ont consisté en travaux "standard" de génie rural sans sérieuses considérations concernant leur adéquation aux milieux hydro-morpho-pédologiques rencontrés dans la plaine et existant sur les bassins versants.

De nombreuses difficultés sont donc apparues progressivement, qui n'avaient pas été prévues. De sorte que depuis 25 ans, des restructurations successives du réseau, l'abandon de régions coûteusement aménagées, d'importants travaux peu efficaces de réhabilitation et d'entretien ont été entrepris (nous ne parlons pas ici

des problèmes d'ordre socio-économique). Depuis quelques années cependant, une nouvelle phase d'adaptation plus "rationnelle" des aménagements, associée à une recherche agronomique spécifique (systèmes de culture, variétés, ...) a démarré, aidée par un inventaire cartographique du milieu physique. Cependant des problèmes graves subsistent, comme l'envasement des ouvrages de retenue et donc les déficits en eau d'irrigation.

Les principaux travaux de mise en valeur des zones vierges, marécageuses ou engorgées ont consisté en :

- la construction de hautes digues parallèles de protection contre la divagation, la défluence anarchique et les crues des principales rivières qui alimentaient l'inondation et la sédimentation semi-deltaïque dans les plaines.
- le creusement de canaux de drainage principaux évacuant l'eau vers le lac.
- la création d'un réseau de drainage secondaire dense (oblique par rapport aux canaux principaux).
- la construction, parallèlement aux drains et en légère surélévation d'un réseau d'irrigation.
- la construction de barrages réservoirs et de barrages de dérivation en amont de la plaine.
- le brûlage partiel de la tourbe flottante récupérée sur la zone marécageuse à Papyrus.
- le nivellement, la création du parcellaire et la construction des diguettes, éventuellement en courbes de niveau.

2. Difficultés rencontrées

Les problèmes principaux qui se sont révélés pendant la mise en valeur des plaines ou que doit résoudre actuellement la recherche agronomique, en relation avec la gestion de l'eau, sont les suivants :

- récupération de la tourbe flottante.
- granulométrie variable (verticalement et latéralement) des matériaux.
- apparition d'un meso-relief.
- érosion sur les bassins versants et ensablement des ouvrages.
- recouvrements sableux brutaux de certaines rizières sur "Baibohos".
- disponibilité insuffisante en eau de surface pour l'irrigation.

- l'utilisation agricole des zones non ou mal irrigables de la plaine.

- l'introduction de la culture du blé de contre-saison.

Tous ces thèmes sont souvent interdépendants.

1. La récupération de la tourbe flottante

Environ 20 000 hectares ont été gagnés sur la tourbe flottante (moins de 2 mètres d'eau libre) au S.W. du périmètre. La tourbe initiale est composée, (fig. 3) dans sa partie supérieure, de 100 cm de débris organiques grossiers brun-rougeâtre (racines et tiges vivantes et mortes). En-dessous se trouve environ 100 cm de débris morts finement fibreux. Cette tourbe est très lâche et noyée d'eau libre. Au fond se trouve le substrat alluvial ferme, avec d'abord un horizon organo-minéral gris foncé de 50 cm d'épaisseur, puis le matériau de teinte claire purement minéral (sable pur et argile fine alternés).

La récupération de la partie périphérique du marais à Papyrus a vu les opérations suivantes :

- **creusements des canaux de drainage** principaux, traversant 10 à 30 km de végétation de Papyrus, jusqu'au lac.
- **brûlage des Papyrus** et de la partie supérieure la plus grossière de la tourbe flottante.
- finalement, il subsiste une **tourbe résiduelle** (fig. 3) noire de 20 à 50 cm d'épaisseur, au dessus d'un petit niveau cendreuse rosé à granules orangés durs (argile cuite), de 5 à 15 cm d'épaisseur. Ce dernier repose sur le substratum alluvial d'abord organo-minéral (aspect d'anmoor) puis strictement minéral. L'horizon cendreuse à granules provient de la combustion lente à haute température de la base de la tourbe et de la cuisson de débris argileux du substratum.
- la **tourbe résiduelle évolue avec le temps et la riziculture** : elle se tasse puis se fragmente finement, par le travail du sol et l'intense activité des vers de terre qui incorporent des particules argileuses au sein des débris organiques fibreux.

Ainsi, les caractères physiques de ce matériau ne s'améliorent que très progressivement pour la riziculture, en devenant un meilleur support racinaire et en retenant mieux l'eau d'irrigation. Cette évolution est lente et irrégulière dans les parcelles (4 à 5 hectares chacune) où la topographie ondulante et le colmatage insuffisant empêchent le maintien d'une lame d'eau correcte (trop ou pas assez d'eau), d'autant plus incontrôlable qu'elle coïncide longtemps avec le niveau de la nappe phréatique qui peut encore monter très au-dessus de la surface en cours de saison des pluies. Le semis direct y est

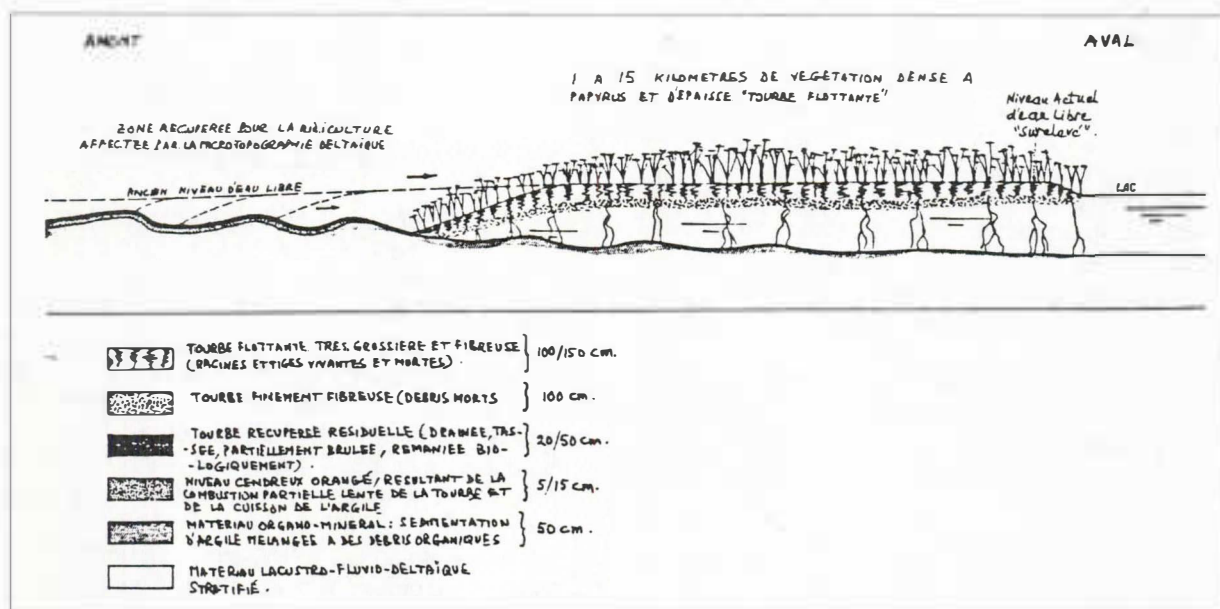


Figure 3 - Plaine du lac Alaotra
Evolution de la tourbe flottante et du niveau d'eau libre après récupération par drainage et brûlage partiel. (Echelle verticale très exagérée)

donc le plus souvent pratiqué. Des variétés de riz flottant y sont alors à préconiser lorsque l'inondation dépasse 1 mètre. Les rendements restent faibles (grains vides) tant que la tourbe n'est pas assez affermie.

Ces problèmes sont d'autant plus accentués que la "récupération" du marais à Papyrus se poursuit vers l'aval. Non seulement le drainage devient impossible, mais il y a un moment où l'on observe un reflux de l'eau vers les terres antérieurement aménagées. En effet, la végétation dense de cypéracées et l'épaisse tourbe flottante ont pour effet de maintenir la surface d'eau libre au dessus des précédentes terres récupérées en amont (fig. 3). Mais, au fur et à mesure que la largeur du marais à Papyrus se réduit, sa résistance naturelle à un reflux de l'eau libre (qui seule permettait de récupérer ces espaces), se réduit jusqu'à être insuffisante. Une partie des rizières amont sur tourbe résiduelle est ainsi envahie par l'eau du marais et cette fois de façon irréversible. Elles doivent être reconverties en riz flottant ou dressé. Autrement dit, le drainage centripète excessif de la tourbe flottante a dépassé un seuil dangereux et aboutit à l'inverse de l'effet recherché.

2. Effets néfastes de couches de sable imprévues à faible profondeur

Les alluvions sableuses près de la surface sont fréquentes sur les "Baibohos" (alluvions fluviales actuelles - unité VI), ainsi que sur les sols moyennement organiques (unité III) et tourbeux (unité IV), c'est-à-dire surtout en aval des zones aménagées.

L'inconvénient majeur en riziculture aquatique est que

les rizières ne retiennent plus l'eau et qu'il n'est donc plus possible d'y faire du riz irrigué, sinon avec consommation excessive et gaspillage d'eau aux dépens des rizières voisines. Dans la plaine, environ 8 000 hectares de tels types de milieu ont malgré tout été aménagés. Beaucoup devraient être abandonnés pour l'irrigation et reconvertis en riz pluvial ou bien cultivés avec des variétés spécifiques adaptées aux alternances inondation-exondation. C'est un des problèmes posés à la recherche agronomique.

3. Apparition d'un "meso-relief"

Une topographie ondulée, contraignante pour le nivellement, d'autant plus qu'elle n'est pas aisément perceptible au départ, peut avoir trois origines :

- le tassement différentiel et progressif de la tourbe résiduelle (unité IV).

C'est le plus gênant car le plus imprévisible, et évolutif. Un parcellaire établi trop tôt peut se révéler inadéquat pour le contrôle de l'eau, quand la topographie, apparemment plane au début, tend ensuite à onduler.

Cette "dynamique" persiste longtemps dans les parties récemment drainées, frangeant l'actuelle zone à Papyrus. Le riz irrigué n'y est pas possible dans de bonnes conditions.

Comme nous l'avons vu, cette contrainte est souvent corrélée avec la présence de niveaux sableux peu profonds, ce qui dévalorise encore davantage ces zones tourbeuses.

• la mise en place deltaïque des matériaux.

Sur les unités II, III et IV, au cours de nivellement, les aménagements ont été souvent confrontés au micro-relief dû à l'hygro-dynamique deltaïque caractérisée par une imbrication de lits, de défluent sinueux et de levées se recoupant, séparés par des cuvettes allongées. Les dénivellations n'excèdent pas 75 cm mais sont très contraignantes du fait de leur enchevêtrement qui nécessite un parcellaire en courbes de niveau très sinueuses. Cette topographie est associée également avec d'imprévisibles strates sableuses, augmentant donc les difficultés de contrôle de l'eau. Beaucoup de parcelles ainsi aménagées dans ces zones ont dû par la suite être abandonnées.

* la présence de cuvettes ovoïdes de soutirage.

Cette topographie, caractérisée par de très nombreuses cuvettes sub-circulaires (parfois reliées) de 20 à 100 mètres de large et 50 cm de profondeur, s'est révélée très gênante sur certaines parties de l'unité I (matériaux non alluviaux, de "fluage"). Les cuvettes sont dues à l'affaissement du terrain suite au soutirage de particules argileuses dans le sous-sol (vers un mètre de profondeur) opéré par les intenses circulations latérales de la nappe phréatique (ces processus pseudo-karstiques de "lavage" interne par les nappes, suivi d'effondrements corrélatifs de la surface, est appelé "suffosion" ; il est fréquent en régions tropicales où il peut prendre une ampleur bien plus considérable qu'ici).

Les zones les plus criblées de cuvettes, qui ont été aménagées à grands frais (parcelles extrêmement contournées, gênant la mise en eau et l'exploitation) sont actuellement en cours d'abandon.

4. L'érosion sur les bassins versants et l'ensablement des ouvrages

Les champs de "lavaka" très actifs sont abondants en amont de certaines retenues dominant des périmètres aménagés. Ils causent le remplissage rapide des ouvrages qui en fait "captent" les "Baibohos". Ces processus d'érosion avaient été sous-évalués à l'origine ; ils sont actuellement un des principaux problèmes, à moyen terme, de la mise en valeur de la région puisqu'ils limitent progressivement les ressources en eau d'irrigation ; cette forme d'érosion en "lavaka" généralisée est pratiquement impossible à contrarier. Un diagnostic erroné a conduit à reboiser coûteusement et inutilement la périphérie immédiate de certains ouvrages, alors que les champs de "lavaka", à l'origine du mal, étaient situés beaucoup plus en amont et n'avaient pas été identifiés à l'origine. A l'heure actuelle, un programme d'étude et de réalisation anti-érosif devrait en principe être établi dans son ensemble et sur de nouvelles bases.

5. Les ensablements brutaux de rizières

Cette contrainte, bien que parente avec la précédente, n'affecte pas les "grands périmètres" aménagés, mais les rizières plus traditionnelles où le parcellaire est moins régulier. Or, la plupart des rizières "hors-périmètres" sont situées sur des cônes d'épandages actuels (unité VI) déversant leur "baibohos". Ces terroirs sont fertiles mais, dominés par des bassins compacts à champs de "lavaka", ils ne bénéficient pas toujours d'une protection contre les débordements brutaux en "chasse d'eau" et épandages sablo-limoneux des rivières aboutissant dans la plaine. Périodiquement, surtout en période cyclonique, des terroirs sont ainsi détruits ou stérilisés.

6. La disponibilité en eau de surface pour l'irrigation

Liée à la capacité de remplissage des ouvrages (diminuant avec le temps), à la remise en état des réseaux, à l'intensification de la production régionale, ce problème pose des questions de politique d'ensemble de gestion de l'eau actuellement disponible, de création éventuelle de nouveaux ouvrages, de réhaussement des barrages actuels, d'une meilleure adaptation des systèmes de culture aux régimes hydrologiques correctement identifiés. La recherche agronomique joue donc un rôle fondamental pour proposer un compromis souhaitable (technique, sociologique et économique) d'une part en corrigeant le milieu (aménagements), d'autre part en s'y adaptant (meilleures affectations des terres, variétés "ad hoc", calendriers culturaux, doubles cultures annuelles éventuelles, ...).

La recherche variétale est spécialement importante dans ce contexte : les contraintes physiques, en particulier hydriques, s'avèrent de plus en plus conditionner les types de riziculture souhaitables, variables suivant les endroits. Seront focalisés en particulier les critères suivants : hauteur et vitesse d'allongement des tiges, longueurs de cycle, photopériodisme, résistance aux "assecs", résistance au froid (contre-saison), préférence pour des conditions pluviales, "phréatiques" ou combinées. Le milieu naturel, on commence à s'en rendre compte, est beaucoup plus différencié qu'il ne semblait au départ et moins justiciable d'une mise en valeur standard avec riz irrigué à haut rendement.

7. L'utilisation des parties non irrigables de la plaine

Beaucoup de zones sont hors de portée de l'irrigation en particulier celles qui sont dans les "angles morts" des aménagements. Cela concerne surtout une partie des glaciés de picmont (unité I) à sols argilo-sableux et à pente assez sensible. Ce sont également les sols les moins "fertiles" par leurs propriétés physico-chimiques défavorables. Pour ces zones, des variétés de riz résolu-

ment pluviales en rotation avec d'autres cultures vivrières (maïs, arachide, haricot, ...) sont préconisées.

8. L'introduction de la culture du blé en contre-saison

Afin de rendre productive la saison sèche et fraîche, il est envisagé la culture du blé, dont les essais sont très encourageants. L'idée est d'utiliser, dans les sites favorables, la remontée capillaire à partir de la nappe phréatique peu profonde, pour l'alimentation hydrique de la culture.

Les meilleures terres quant à leur fertilité et à leur aptitude "capillaire", sont les alluvions fluviales liminomacées ("baibohos") situées au sein de l'unité VI, à condition toutefois qu'aucune couche de sable pur soit située entre la nappe (2 mètres de profondeur max.) et la surface ne cause d'interruption brutale de capillarité. Une autre exigence de nature hydrique, pour le blé, est que les sols se drainent assez rapidement après la récolte du riz de saison des pluies. Les "baibohos" sont, de ce point de vue encore, les sols les plus indiqués car ils bénéficient d'une réoxydation précoce.

Les rizières à sols tourbeux résiduels (mais déjà assez "évoluées") (unité IV) vérifient la première condition (remontée capillaire) mais généralement mal la seconde : leur ressuyage est lent, leur oxydation en saison sèche (nécessaire à la nitrification) est très faible. C'est sur ce type de sol que l'apport de fumier (catalysant l'activité biologique nutritive) montre les effets les plus nets.

V. LA MISE EN VALEUR TRADITIONNELLE DES PETITES VALLÉES

1. Le paysage

La région collinaire entourant la plaine de Tananarive, spécialement au nord, est très représentative du paysage des Hautes Terres : 1300 mètres d'altitude moyenne, 1 400 mm de pluviométrie, deux saisons très contrastées dont une très fraîche, socle granito-gneissique, épaisses altérations, sols ferrallitiques rouges, nappe phréatique d'altérites généralisée, réseau encaissé et dense de bas-fonds intégralement rizicultivés, collines et plateaux à flancs convexes escarpés, faiblement cultivés. Il n'y a pas d'érosion en "lavaka" dans cette région qui, de ce point de vue, est stable.

La particularité la plus remarquable du paysage est son système de vallées très hiérarchisé, profondément enfoncé entre les collines, et dont l'amont est constitué de bas-fonds plats, larges, non incisés, à têtes en forme de vastes amphithéâtres.

Ces vallées, qui peuvent représenter jusqu'à 50 % du paysage, constituent l'essentiel du terroir rizicole

(6000 km² sur un total de 9 000) des Hautes Terres. Il s'agit de riz repiqué, dont l'alimentation en eau dépend de la pluie et des affleurements de la nappe phréatique. L'irrigation est rarement parfaitement assurée. Il s'agit donc de "rainfed lowland rice".

L'effort du gouvernement, en matière de recherche et de vulgarisation, incite de plus en plus de paysans à tirer profit de la saison sèche, pour cultiver du blé.

Certains sites conviennent en effet parfaitement à cette culture en régime de remontée capillaire.

2. Répartition des unités hydro-morpho-pédologiques

1. Les grands ensembles

D'amont en aval, un système de vallées des hauts plateaux montre trois grandes différenciations longitudinales (fig. 4) :

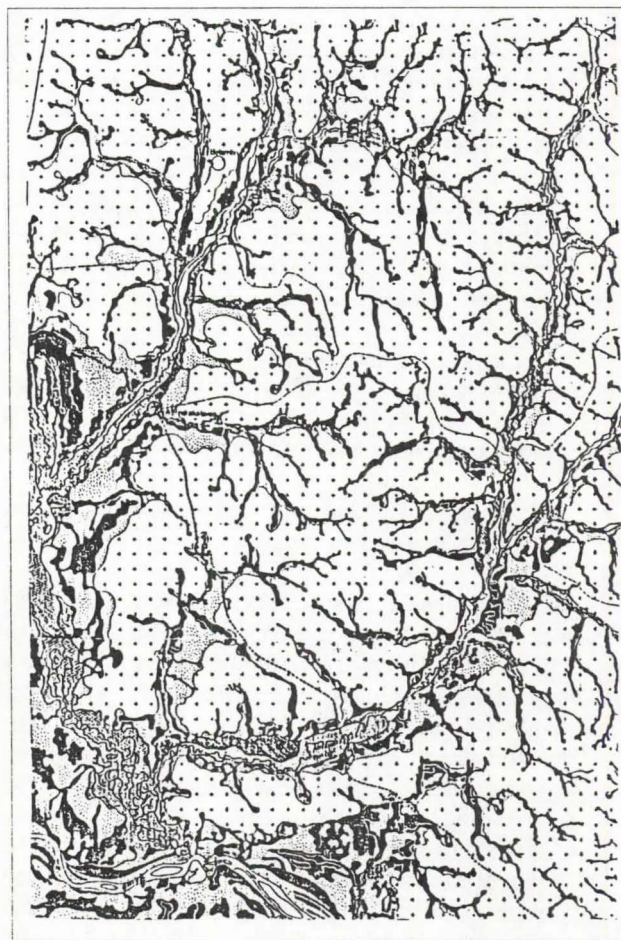


Figure 4 - Exemple d'organisation des systèmes de vallées sur les Hautes Terres malgaches

- les parties amont du réseau, sont de typiques "bas-fonds", sans cours d'eau individualisé ni véritable

ennoyage alluvial, engorgés par une nappe phréatique permanente sub-superficielle, la plupart du temps tourbeux ou fortement organiques, plutôt sableux en-dessous ; la largeur des bas-fonds est ici de 20 à 100 mètres.

- les parties moyennes du réseau passent progressivement à de véritables vallées d'ennoyage alluvial de 100 à 400 mètres de large, où sinue un petit cours d'eau peu encaissé. Le régime hydrologique de débordement est encore peu turbulent ; ainsi le matériau alluvial est limono-argileux assez homogène, sans fréquentes lentilles sableuses. Les sols hydromorphes ne sont ici jamais tourbeux en surface (une tourbe enterrée est cependant souvent visible).

- les parties aval du réseau s'élargissent (plus de 400 mètres) et acquièrent un vrai régime fluvial avec unedynamiqued'hydrologiqueetsédimentologiqueturbu-

lente : topographie alluviale marquée (levées, cuvettes, anciens lits, ...) et changeante, discontinuités et hétérogénéités granulométriques (lits sableux fréquents et imprévisibles). L'aménagement rizicole de ces plaines demande des ouvrages importants pour rectifier les conditions naturelles défavorables. Sur les hauts plateaux, ces types de milieu sont généralement peu utilisés. Nous n'en parlerons donc pas. Signalons cependant qu'à plus basse altitude, où le froid n'est plus une contrainte, les sols fertiles de ces vallées à "baibohos" sont utilisés en saison sèche pour des cultures de décrue (coton, tabac, céréales, ...).

2. Différenciations dans les bas-fonds et petites vallées

Plus en détail, dans les parties amont et moyennes du réseau, les unités de milieu présentent les caractéristiques suivantes (fig. 5 et 6) :

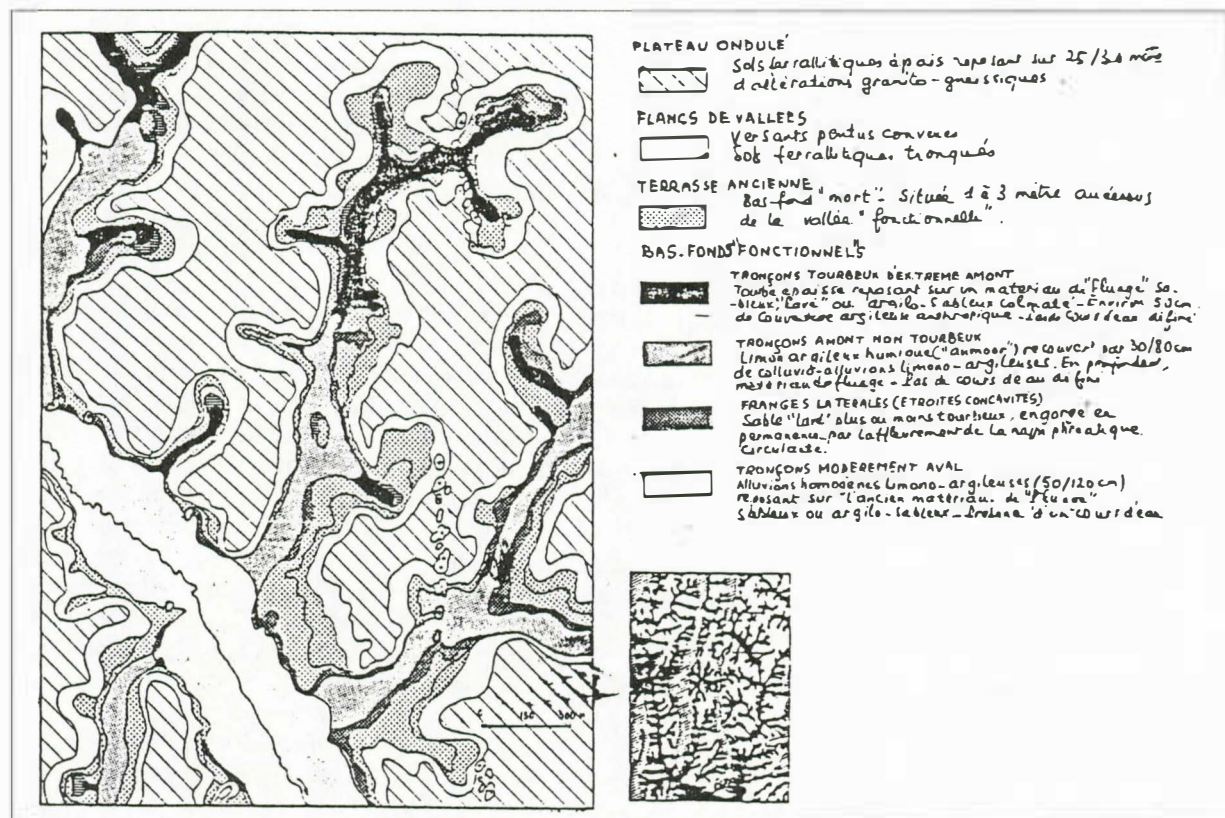


Figure 5 - Les bas-fonds dans la région de Tananarive - Zonation morpho-pédologique

2. La terrasse "ancienne"

Environ 40 % de la surface des vallées est occupée par un vieux niveau de base perché 1 à 3 mètres au-dessus du niveau engorgé "fonctionnel" et rizicultivé. Le matériau est argilo-sableux, gris-jaunâtre, massif ; il s'agit d'un ancien sol hydromorphe (ancien niveau de bas-fond), qui n'est plus engorgé jusqu'en surface, la nappe phréatique n'affleurant plus. Ces sols sont toujours

très pauvres et la plupart du temps hors d'atteinte du réseau d'irrigation traditionnel de la vallée.

2. Les tronçons tourbeux d'extrême amont (1 à 3 kilomètres)

A l'état initial naturel, c'est-à-dire dans les vallées non rizicultivées (rares sur les hauts plateaux), une épaisse tourbe fibreuse (100 à 150 cm) occupe les fonds de

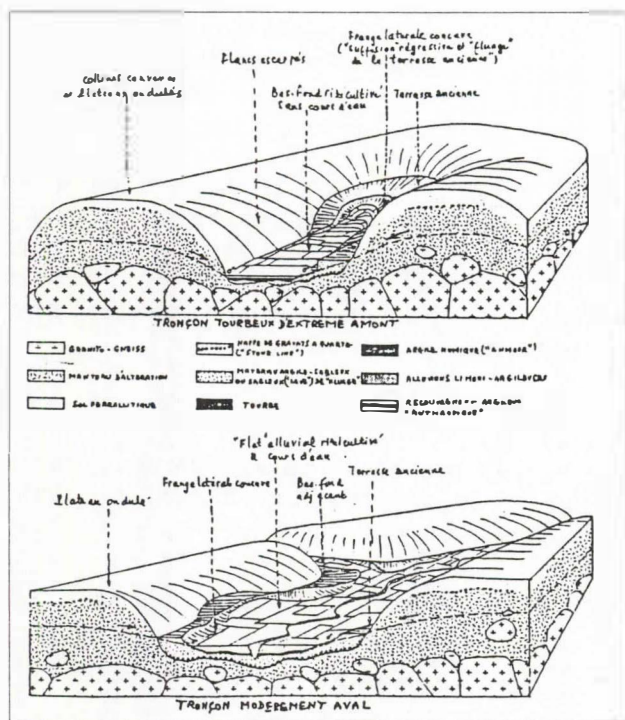


Figure 6 - Les bas-fonds dans la région de Tananarive - Coupes schématiques transversales

vallées, au-dessus du substrat "lavé" sableux (matériau de "fluage" - voir ci-dessus) ou de la roche pourrie arenomiacée en place (fig. 6). Ainsi les matériaux du bas-fonds ne sont pas des alluvions. La roche non altérée (granito-gneiss) n'est jamais très loin de la surface.

Lors de la récupération pour la riziculture de ces tronçons amont, les paysans ont recouvert la tourbe avec une couche de 30 à 60 cm d'argile kaolinique prélevée à la base des collines bordant les bas-fonds. Ce colluvium "anthropique" améliore les conditions de culture (colmatage, support à l'enracinement).

Dans ces tronçons, la nappe phréatique, en continuité avec la nappe des versants, reste en permanence près de la surface même en saison sèche.

La largeur de la vallée est affectée d'une succession de lobes élargis et de rétrécissements rocheux, morphologie qui est étroitement liée à la lithologie du socle. La vallée s'élargit considérablement en tête prenant la forme d'un amphithéâtre encaissé. Le fond plat de la vallée, malgré sa pente longitudinale sensible (jusqu'à 5 %) n'est jamais incisé par un cours d'eau. Les eaux de surface et de sub-surface s'écoulent en nappe, lentement, dans les rizières et à travers la couche tourbeuse sous-jacente.

3. Les tronçons non tourbeux d'amont

La tourbe disparaît progressivement et est remplacée

par une argile humique ("anmoor") de 30 à 100 cm d'épaisseur, recouverte par 30 à 80 cm de colluvio-alluvions argilo-limoneuses non organiques (moins de 6 % de matière organique). En profondeur se retrouve le substratum sableux (altérite "fluée" et lavée ou arène micacée non remaniée). Ces tronçons sont plus intéressants pour la riziculture que les tronçons carrément tourbeux. Le sol est "ferme", il se colmate facilement et ne laisse donc pas filtrer facilement les eaux d'irrigation ou la nappe remontante. Durant la saison des pluies, la totalité du matériau est engorgée et inondée par la nappe phréatique et les eaux de surface amenées par le micro-réseau d'irrigation.

Pendant la saison sèche, la nappe descend jusqu'à 50-80 cm de profondeur. La culture du blé de contre-saison par alimentation hydrique "capillaire" commence à être possible à condition de pouvoir drainer rapidement avant le semis et, si possible, avant la récolte du riz précédent.

Par comparaison avec les cours d'extrême amont, ici, la pente longitudinale décroît, la largeur de la vallée s'accroît, il n'y a toujours pas de cours d'eau individualisé, et la couleur superficielle du sol est plus claire (brun-grisâtre).

4. Les franges latérales des vallées amont

En position latérale à la vallée, entre la "terrasse ancienne" et le fond plat, se trouve fréquemment une frange concave intermédiaire. Cette unité de milieu résulte d'un soutirage d'argile au sein du matériau de la terrasse ancienne, opéré par les mouvements latéraux de la nappe phréatique, provoquant une "suffosion" (affaisements). Les sols sont ici particulièrement sableux car ultra-lavés, parfois recouverts de tourbe. La nappe phréatique y suinte une grande partie de l'année, avant de "plonger" sous le colluvium argileux du centre du bas-fond, alimentant ainsi les écoulements hypodermiques sous-argileux dans le sable flué ou l'arène, qui sont lavés à leur tour.

Les flancs sableux des petites vallées sont généralement réservés aux pépinières (fin de saison sèche) grâce à la disponibilité en eau à partir de la nappe suintante.

5. Les petites vallées des tronçons moyens modérément aval

Quittant maintenant le domaine des "bas-fonds" proprement dits (vallons mal drainés, sans cours d'eau et à sols plus ou moins organiques), nous entrons dans le domaine des vallées à véritable ennoyage alluvial. En même temps que la vallée s'élargit (fig. 6), un cours d'eau (1 à 2 mètres d'encaissement) est maintenant bien net ; par ses débordements sans grandes turbulences, il est à l'origine d'un alluvionnement argilo-limoneux

(parfois micacé) homogène, épais de 100 à 150 cm, reposant sur une "semelle" sableuse assez systématique, constamment noyée par la nappe phréatique. Celle-ci, près de la surface en hivernage, descend entre 80 et 120 cm de profondeur en saison sèche. C'est un élément très favorable pour la culture du blé de contre-saison, d'autant plus que ces sols se ressuient suffisamment tôt après la récolte du riz, sur au moins 40 cm de profondeur, pour permettre de semer dans de bonnes conditions. Ce sont les meilleurs "sols à blé" de contre-saison des systèmes des vallées. Leur homogénéité granulométrique (avec présence de mica), conduit parfaitement, et sans rupture, la capillarité jusqu'au système racinaire.

3. Unités de milieu et aménagements traditionnels

Depuis environ 800 ans, les paysans des Hautes Terres malgaches ont progressivement modifié l'aspect initial des petites vallées, afin de les rendre favorables à la riziculture aquatique repiquée. Les objectifs en sont essentiellement les suivants :

- **colmatage** des zones tourbeuses.
- création d'un **réseau de petite hydraulique** en terre.
- nivellement d'un parcellaire à diguettes pour **retenir l'eau**.
- rectification, recrussement et endiguement des petits cours d'eau afin de **limiter les inondations**.
- aménagement des sites de **pépinières**.

1. Le problème de la tourbe

Les tronçons en tête de réseau et certaines franges latérales présentaient dans leur état vierge, des sols fortement tourbeux, formant un matelas élastique semi-flottant, continuellement gorgé par la nappe phréatique affleurante.

Un tel support n'est pas rizicultivable tel quel pour des raisons d'**inaptitude à l'enracinement** (sol creux), d' indépendamment des mouvements de la nappe phréatique, de **déficiences minérales et toxicités diverses**.

Les paysans malgaches ont résolu le problème en enterrant la tourbe par de l'argile kaolinique raclée sur les bas versants voisins à sols ferrallitiques. L'épaisseur de recouvrement varie entre 25 et 60 cm.

Ainsi les labours, les mises en bouc et piétinages (zébus) annuels ont progressivement amélioré la stabilité et l'imperméabilité des fonds de vallées tour-

beuses. La tourbe spongieuse sous-jacente se fait encore sentir par une certaine "élasticité" quand on y marche, mais le colmatage nécessaire au maintien d'une lame d'eau est relativement assuré. La nappe phréatique est alors légèrement en charge sous le recouvrement argileux, et s'écoule latéralement dans l'axe du bas-fond.

La solution inadéquate du brûlage et du drainage de la tourbe n'a donc pas été tentée dans ces types de milieu, ce qui aurait eu pour conséquences néfastes inverses d'abaisser le niveau topographique et donc de rendre encore plus difficile le contrôle de l'eau de surface indépendamment de la nappe.

2. Modification de la topographie

- Le profil longitudinal de la vallée

Le réseau de vallées des Hautes Terres présente la plupart du temps une pente sensible, parfois même très accentuée dans les tronçons amont (jusqu'à 5 % en tête). Dans les vallées des tronçons moyens, la pente reste quand même en-dessous de 1 % ; c'est pourtant là qu'apparaît une concentration des eaux de surface en un cours d'eau bien défini. Dans les tronçons tourbeux pentus au contraire, l'eau s'écoule lentement dans toute l'épaisseur de la tourbe qui, par son rôle de filtre modérateur, empêche toute incision du bas-fond.

Les paysans, pour adapter ces pentes à la riziculture aquatique, ont dû rectifier la topographie en nivelant des parcelles étagées, à peu près rectangulaires. Les parcelles (10 à 100 ares) sont d'autant plus étroites et transversales à la vallée que sa pente est élevée. Elles peuvent n'avoir en tête que 2 mètres de large. En aval, les pentes diminuant, le parcellaire tend à devenir plus large, en perdant son orientation préférentielle. Les rizières étagées sont raclées en amont et remblayées en aval, faisant ainsi apparaître au niveau de la parcelle, un gradient de fertilité et de contrôle de l'eau.

- Le profil transversal de la vallée

Latéralement, le profil topographique initial a souvent été modifié. Il s'agit essentiellement de la frange concave sableuse (frange de "suffosion" de la terrasse ancienne) où suinte la nappe phréatique en provenance des interfluvés dominants. Ne dépassant généralement pas une largeur de 25 mètres, ces zones sont aménagées en lanières étroites étagées, allongées dans le sens de la vallée. Ce sont les sites préférentiels d'installation des pépinières (présence d'eau en saison sèche). On y trouve aussi des réservoirs (remplis par la nappe phréatique) pour les animaux et l'alimentation des rizières à repiquage précoce.

3. La petite hydraulique traditionnelle

Les aménagements dans les vallées ont pour objectifs :

- d'évacuer et de limiter les arrivées d'eau excédentaires ou brutales (ruissellements après orages, débordements des petits cours d'eau...),

- de répartir correctement les eaux dans les rizières.

Ils consistent essentiellement en :

- **la construction entièrement en terre d'un réseau de distribution de l'eau** dans les parcelles entourées de diguettes. Celles-ci sont ouvertes ou fermées en amont ou en aval selon les besoins de remplissage ou de vidange.

- **le creusement de canaux latéraux** (un seul canal dans les petites vallées, un canal de chaque côté des vallées plus importantes). Ces fossés non cimentés ont pour rôle à la fois d'évacuer les trop d'eau et d'alimenter les rizières. En plus des ruissellements des versants, ils court-circuitent, en la recoupant, le sommet de la nappe phréatique qui arrive latéralement en provenance des versants, avec un débit important en saison des pluies, et sous forme de suintements en saison sèche. Ces canaux peuvent aussi se dédoubler et courir sur les bas de versants ou terrasses afin "d'élargir" le bas-fond fonctionnel naturel, en y irrigant quelques rizières "hautes".

- **les creusements de petits réservoirs en tête ou en position latérale** (de faible volume) ont pour fonction de tamponner relativement l'alimentation en eau de quelques rizières pendant la saison des pluies, d'irriguer les pépinières en fin de saison sèche et parfois quelques cultures maraîchères en saison sèche. Ces réservoirs sont creusés sur les flancs des bas-fonds, dans la zone d'arrivée de la nappe phréatique ; ils ne sont donc remplis que par cette nappe.

- **les travaux sur les petits cours d'eau**, intéressent les vallées non tourbeuses, plus larges que les bas-fonds amont. Les cours d'eau, à l'état naturel, sinueux et encaissés de moins de deux mètres, sans levées de berges très marquées, peuvent faire l'objet des aménagements suivants :

- **rectification du lit** par abandons des principaux méandres, ceux-ci étant alors recoupés par un lit rectiligne creusé artificiellement.

- **recreusement du lit** et construction corrélatrice de levées latérales pour limiter les débordements intempestifs.

- mise en place de vannes en bois et de prises de dérivation pour l'irrigation en rizières.

- **petite hydraulique plus élaborée.**

Grâce à une aide extérieure aux communautés villa-

geoises, les sites favorables des réseaux de vallées font souvent l'objet de travaux (en béton, gabions...) destinés à améliorer sensiblement la maîtrise de l'eau donc la productivité des rizières : **construction de petits barrages de dérivation** au niveau des seuils rocheux rétrécis en position sensiblement dominante par rapport aux rizières aval, construction d'un réseau amélioré d'amenée d'eau grâce en particulier à des canaux principaux en ciment longeant les bas de versant, avec petites vannes et prises d'eau donnant sur des canaux secondaires.

Ces travaux de micro-hydraulique sont simples et résistants ; ils peuvent être gérés et entretenus par les paysans eux-mêmes.

VI. CONCLUSIONS

Un des enseignements de cette comparaison de types extrêmes de milieux aménagés pour la riziculture à Madagascar semble être qu'il ressort 4 facteurs principaux interdépendants conditionnant les modalités d'utilisation des terres :

1. La rapidité avec laquelle les modifications de milieu sont entreprises

En général le temps d'établissement d'un nouvel équilibre naturel va en raison inverse de la durée et de la "drasticité" des bouleversements apportés. Cette nouvelle évolution peut alors être difficile à prévoir et être la source de surprises désagréables, souvent irréversibles.

Le rôle des études cartographiques préalables du milieu physique et la compréhension de ses composantes dynamiques (processus hydrologiques en particulier) est alors fondamental pour minimiser les risques.

2. Le degré de technicité et l'intensité des aménagements

Des changements trop énergiques peuvent accélérer les processus naturels ou bien au contraire les contrecarrer et dans les deux cas, aller dans un sens positif ou négatif. Au contraire, les techniques traditionnelles, "manuelles" sont plus évolutives et moins irréversibles ; elles s'attaquent à des territoires réduits dont les paysans connaissent empiriquement le "fonctionnement" hydrologique.

Nous avons vu en particulier que le drainage, l'irrigation, la protection contre les crues, la récupération des terres tourbeuses, mettent en œuvre des techniques radicalement différentes suivant les contextes humains et physiques.

3. L'étendue des espaces mis en valeur

Plus le territoire est vaste et d'un seul tenant, plus les modifications apportées au milieu sont difficiles à gérer et à moduler ; au contraire les espaces éclatés villageois sont plus aptes à être aménagés spécifiquement et à l'échelle humaine, même si les ambitions sont modestes.

4. L'ancienneté des traditions et le degré d'autonomie et de motivation du paysannat vis-à-vis des aménagements entrepris

La conception, la réalisation et l'entretien des travaux bénéficient d'autant plus du "consensus" des communautés villageoises, que ces travaux sont issus du milieu rural utilisateur lui-même et que celui-ci est peu modifié. Le régime du colonat individualiste et en même temps "assisté" de l'extérieur (société d'aménagement), à faible responsabilité collective ("chacun pour soi") est à l'opposé de ce qui se fait en respectant les structures du milieu traditionnel. Il est certain que les deux types extrêmes de mise en valeur du milieu ont leurs finalités (augmentation de la productivité ou auto-subsistance), leurs espaces (vierges et vastes ou cultivés depuis longtemps et éclatés) et leurs exigences propres. Il ne faut pas les comparer en termes d'alternatives. Cette alternative se pose cependant souvent dans tous les cas intermédiaires qui sont finalement les plus fréquents.

**TRAVAUX DE L'AUTEUR DETAILLANT
LES SUJETS TRAITES DANS CET
ARTICLE**

RAUNET (M.) - 1984 - Les potentialités agricoles des bas-fonds en régions intertropicales : l'exemple de la culture du blé de contre-saison à Madagascar. "L'Agr. Trop.", 1984, 39-2, pp. 121-135.

RAUNET (M.) - 1984 - Région du lac Alaotra (Madagascar). Etude du milieu physique. Système et structure. IRAT, 1984, carte 1/50 000 (3 000 km²).

RAUNET (M.) - 1985 - Hautes Terres de Madagascar. Cartographie morpho-pédologique de cinq terroirs rizi-
coles. Aptitudes à la culture du blé de contre-saison en rizières. IRAT-SATEC-MOBAMA, 1985, 44 p., 6 cartes (1/25 000).

RAUNET (M.) - 1985 - Les bas-fonds en Afrique et à Madagascar. Géomorphologie, géochimie, pédologie, hydrologie. Z. Géomorph. N.F., suppl. Bd 52, mars 1985, pp. 25-52.

RAUNET (M.) - 1985 - Bas-fonds et riziculture. Approche structurale comparative. "L'Agr. Trop.", 1985, 40-3, pp. 181-201.